

RELACIÓN HIDROQUÍMICA SUPERFICIAL – SUBTERRÁNEA EN CUENCAS DE LLANURA. NORESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Kruse, E.¹; Laurencena P.²; Deluchi M.²; Varela L.²; Albina L.³ y Rosales E.³

1 CONICET. UNLP, 2 CIC.UNLP, 3 UNLP

Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata, Tel : 0221-4256134, kruse@fcaglp.edu.ar

RESUMEN

Se analiza en forma comparada la relación aguas superficiales – aguas subterráneas en dos cuencas ubicadas en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Una de ellas afectada por una fuerte urbanización (Arroyo del Gato) y la otra corresponde a una cuenca donde prevalecen las condiciones naturales (Arroyo El Pescado). Se ha caracterizado el comportamiento hidrodinámico e hidroquímico en base a muestreos y mediciones efectuados en estados hidrológicos normales. En condiciones naturales en el Ao El Pescado el agua freática descarga en el curso, existiendo un incremento regular de la salinidad en el sentido de flujo. Distintos efectos derivados de la urbanización, en un medio físico y climático similar, han producido modificaciones de la relación entre el agua del arroyo del Gato y el agua freática, recibiendo ésta el aporte del agua superficial. Los vertidos industriales y pluviales hacen que el comportamiento químico del agua del arroyo muestre irregularidades con el recorrido y que el agua freática presente la influencia de dichas características.

ABSTRACT

This paper presents a comparative analysis of the interrelation between surface water and groundwater in two basins located in the Northeast of the Province of Buenos Aires. One of them, Arroyo del Gato, is affected by the strong urbanization while the in other, Arroyo El Pescado, natural conditions still prevail. The hydrodynamic and hydrochemical behavior was characterized through sampling and measurements done during normal hydrological stages. Under natural condition in the Arroyo El Pescado the phreatic groundwater discharges into the stream and there exists a uniform increase of salinity following the flow direction. Diverse effects derived from urbanization in a similar climate and physical environment have produced changes in the relation between the waters of Arroyo del Gato and the groundwater. This latter receives the surface waters. Industrial wastes and pluvial discharges make the chemical behavior of surface waters being irregular and consequently ground waters show the influence of such variations.

Palabras clave: hidroquímica, hidrodinámica, relación agua subterránea - agua superficial.

INTRODUCCION

Los procesos de urbanización e industrialización suponen una fuerte influencia sobre el recurso agua de una región. Ello es manifiesto en distintos sectores del Noreste de la Provincia de Buenos Aires, donde a partir de la actividad del hombre se han modificado sustancialmente las condiciones naturales. Estas actividades afectan en forma directa al ciclo hidrológico ya que cambios en las redes de drenaje (canalizaciones, entubamientos, etc), la impermeabilización de la superficie del terreno, las construcciones, la intensa explotación de las aguas subterráneas y vertidos hacia el agua superficial han alterado los procesos de infiltración, escurrimiento, las condiciones del flujo y química del agua subterránea y superficial.

En particular en la zona de La Plata se reconocen sectores con influencia antrópica (zonas urbanizadas e industriales) y sectores rurales. En el primer caso el medio natural se encuentra totalmente modificado, mientras que en los ámbitos rurales el ciclo hidrológico responde a patrones impuestos predominantemente por el medio físico en sus condiciones naturales.

El objetivo de esta comunicación es analizar comparativamente las diferencias en el comportamiento hidrodinámico e hidroquímico de la relación agua superficial - agua subterránea en dos cuencas de drenaje vecinas, predominando las características urbanas en una de ellas y las rurales en la otra.

CARACTERISTICAS GENERALES

El área estudiada se sitúa en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires, donde se reconoce un clima templado húmedo, con una precipitación media anual de 1030 mm y una temperatura media de 16,5° C . Se analizan esencialmente dos cuencas de drenaje (Figura 1). Una de ellas, la cuenca del Ao del Gato presenta una fuerte presión antrópica, en cambio la cuenca del arroyo El Pescado mantiene en forma general las condiciones naturales.

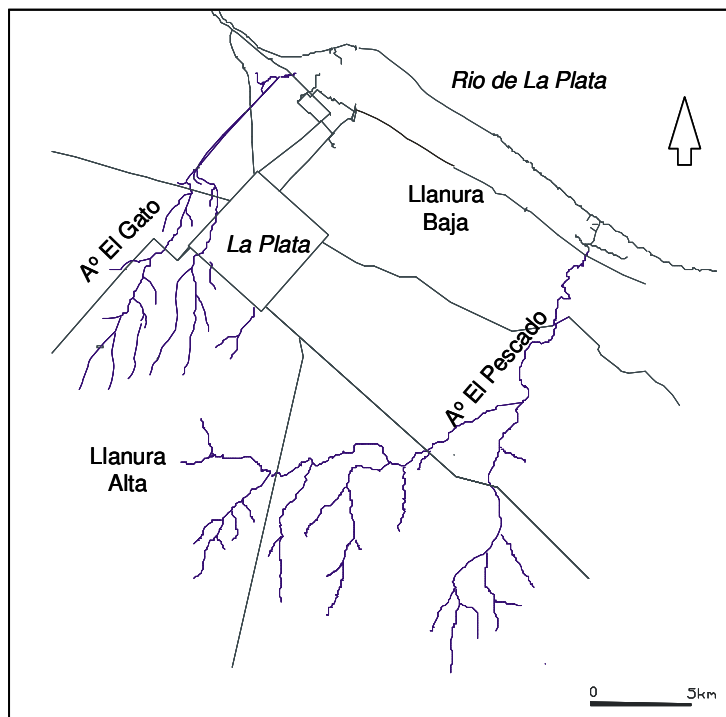


Figura 1. Mapa de Ubicación

En esta región, próxima al Río de La Plata se distinguen dos rasgos morfológicos de importancia: una llanura alta y una llanura baja o planicie costera (Figura 1). En la llanura alta se desarrollan los sectores superior y medio de las cuencas de ambos arroyos, extendiéndose entre las cotas de 5 y 25 msnm. En esta zona la red de drenaje está integrada, los suelos son de buena calidad y bien drenados, siendo predominantes los procesos de infiltración. Desde el punto de vista geológico, en los interfluvios predominan los Sedimentos Pampeanos de composición limosa y en menor proporción limos arenosos, sin estratificación y con intercalaciones calcáreas (tosca). En

coincidencia con el valle de los cursos de agua se reconocen los denominados Sedimentos Postpampeanos constituidos por limos arcillosos de origen fluvial que presentan espesores desde algunos centímetros hasta alrededor de 1m.

En la planicie costera se localiza la cuenca inferior de los arroyos, desarrollada entre los 5 msnm y la ribera del Río de La Plata (0 msnm). Conforman un ambiente mal drenado, cenagoso y con agua subterránea aflorante o a muy poca profundidad y constituye una zona de descarga parcial del sistema de aguas subterráneas. Los cursos en esta planicie han sido rectificadas con el objeto de acelerar el escurrimiento superficial hacia el Río de la Plata. En esta zona predominan en superficie sedimentos Postpampeanos de origen estuárico y marino.

Las características de las actividades humanas en la Cuenca del Arroyo del Gato, permiten reconocer tres ámbitos: la cuenca alta, en donde prevalecen las actividades primarias (quintas de flores y hortalizas) además de unas pocas industrias. Aguas abajo, en la cuenca media, hay un incremento significativo de la urbanización e industrias. La cuenca inferior corresponde al sector donde el curso, una vez que abandona el área urbana, corre encauzado por un canal que atraviesa una zona con escasa población

En la cuenca del Arroyo El Pescado en cambio, el uso del suelo está destinado al cultivo de hortalizas y la cría de animales en baja escala.

MATERIALES Y METODOS

El análisis de los aspectos regionales permitió reconocer los rasgos más significativos del medio físico en las cuencas de drenaje, así como también su implicancia hidrológica sobre la base de mapas topográficos (1: 50000, 1:25000) fotografías aéreas (1:20000) y trabajos de campo.

En ambos arroyos se instalaron redes de monitoreo de agua superficial y subterránea, ubicándose los puntos de medición y muestreo de acuerdo a los reconocimientos geológicos, geomorfológico e hidrológicos efectuados. Se identificaron pozos que se encontraban en las proximidades del cauce de los arroyos con el fin de realizar un análisis preliminar de la relación agua superficial – agua subterránea. Posteriormente se reconoció la necesidad de densificar la red y situar nuevos puntos en zonas más alejadas del cauce debido a las modificaciones del flujo del agua subterránea. En la actualidad la red de monitoreo en el arroyo Del Gato consta de 37 puntos de medición y muestreo de agua subterránea y 16 de agua superficial, mientras que en el arroyo El Pescado existen 35 sitios relacionados con el control del recurso subterráneo y 6 con el superficial.

La interpretación de la información hidrodinámica e hidroquímica obtenida periódicamente (bimestral) permite establecer las particularidades del ciclo hidrológico, con especial referencia a la interrelación aguas superficiales - aguas subterráneas. En particular en este trabajo se analizan los datos obtenidos en el relevamiento (muestreos y mediciones) correspondientes a noviembre de 2002.

Los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria del Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de La Plata.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS GENERALES

La configuración del sistema de aguas subterráneas responde al esquema clásico propuesto para el

noreste bonaerense (EASNE,1972). Para el presente análisis adquieren mayor importancia los términos superiores de la secuencia sedimentaria del subsuelo que incluyen a las Arenas Puelches, Sedimentos Pampeanos y Sedimentos Postpampeanos.

Las características hidrogeológicas reconocidas permiten establecer la existencia de un único sistema hídrico subterráneo siendo posible considerar que el agua en las unidades Postpampeano, Pampeano y Puelche presentan una continuidad hidráulica, a pesar que existen diferencias verticales de permeabilidad (Sala y Auge,1973). Las Arenas Puelches constituyen el nivel más profundo y yacen a partir de los 45 m. aproximadamente. Poseen un carácter semiconfinado, y están compuestas por arenas cuarzosas de 20 a 30 m de espesor promedio. Estas arenas representan a una de las fuentes primarias de abastecimiento de agua potable a la ciudad de La Plata, siendo además las principales proveedoras de los requerimientos industriales y de riego. Por encima se ubica otro nivel acuífero que representa a los sedimentos Pampeanos. Su espesor no supera los 45 m y contiene al acuífero freático encontrándose más expuesto que el anterior a los efectos de la contaminación debido a su menor profundidad.

La recarga de las Arenas Puelches es autóctona indirecta a través del acuífero Pampeano mediante filtración vertical descendente, siendo la recarga de este último de origen meteórico. (Sala y Auge, 1973).

Las Arenas Puelches en la zona urbanizada están afectadas por una sobreexplotación lo cual ha generado, a partir de una extracción del orden de $124 \text{ hm}^3/\text{año}$, un descenso de la superficie piezométrica con la formación de un cono de depresión de magnitud. Dada la vinculación hidráulica existente esta profundización de niveles también afecta a la capa freática (Auge, 2001)

PARTICULARIDADES DE LA RELACIÓN AGUAS SUPERFICIALES – AGUAS SUBTERRÁNEAS

El Arroyo El Pescado muestra su carácter efluente con respecto a las aguas subterráneas en prácticamente todo su recorrido. La morfología de la capa freática es radial con filetes de flujo convergentes y perfil de de depresión hiperbólico. En la zona de divisoria principal la profundidad de los niveles freáticos oscila entre 10 y 15m bajo boca de pozo (mbbp), en la zona de divisoria intermedia la profundidad varía entre 3 y 5 mbbp. En las proximidades de la zona de descarga en el arroyo la profundidad de los niveles varía entre 1 y 2 mbbp y en la llanura costera se encuentra al nivel freático prácticamente en superficie. El escurrimiento subterráneo regional se orienta hacia el Noreste y los gradientes hídricos varían entre 1,8 m/Km (llanura alta) y 0,5 m/Km (llanura baja).

En esta cuenca no existen explotaciones locales intensivas que extraigan agua subterránea del sistema. El análisis de las series freáticas muestra claramente las variaciones temporales de las reservas de aguas subterráneas ante las oscilaciones meteorológicas. La disminución de la capacidad de almacenamiento subterráneo reflejada en cambios freáticos coincide con el incremento de la lluvia y con los mayores excesos de agua, que se ponen en evidencia en los balances hídricos e hidrológicos (Laurencena et al 2002).

Los relevamientos efectuados en el Ao del Gato evidencian una respuesta distinta a la mencionada anteriormente en el comportamiento de la relación entre el agua superficial y el agua subterránea. Se destaca para las condiciones actuales en la cuenca alta y media, el carácter manifiestamente influente del curso con respecto a la capa freática. La morfología predominante es radial con sentido de flujo divergente a partir del cauce. En la zona de cabeceras (cuenca alta), la profundidad de los

niveles freáticos oscila entre 5 y 20m bajo boca de pozo. Aguas abajo, en la cuenca media, la capa freática se encuentra a mayor profundidad y se incrementan los gradientes hídricos entre el arroyo y la superficie freática, correspondiéndose este sector con una zona de mayor influencia del cono de depresión generado por la explotación de aguas subterráneas.

Actualmente existe una fuerte extracción de aguas subterráneas (acuífero Puelche) destinada al abastecimiento de la población, que ha modificado las condiciones hidráulicas (Auge, 1995).

En la planicie costera, el curso se encuentra canalizado y la superficie freática se encuentra aflorante en el canal.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

La composición química predominante del agua freática en la cuenca del Arroyo El Pescado es bicarbonatada sódica, evolucionando a clorurada sódica en la zona de descarga regional (llanura baja). En la llanura alta la salinidad se sitúa entre 370 y 1600 mg/l, los cloruros promedian 40 mg/l y los sulfatos son inferiores a 60 mg/l, mientras que en la Planicie Costera los tenores salinos ascienden a 8000 mg/l, los cloruros superan los 3000mg/l y los sulfatos aumentan a 1400 mg/l. En esta cuenca se mantienen en forma general las condiciones naturales, tanto desde el punto de vista hidráulico, como desde el punto de vista químico. Las aguas subterráneas muestran condiciones aceptables para uso humano en la llanura alta, mientras que debido al alto contenido salino en la llanura baja se transforma en no apta para la mayoría de los usos.

El agua superficial se clasifica como bicarbonatada sódica pasando gradualmente a clorurada sódica hacia desembocadura. La salinidad oscila entre 400 mg/l en la cuenca alta y media y los 700 y 950 mg/l en la llanura baja. En algunas oportunidades puede presentar alta turbiedad, producto del transporte en suspensión de sustancias orgánicas. (Figura 2)

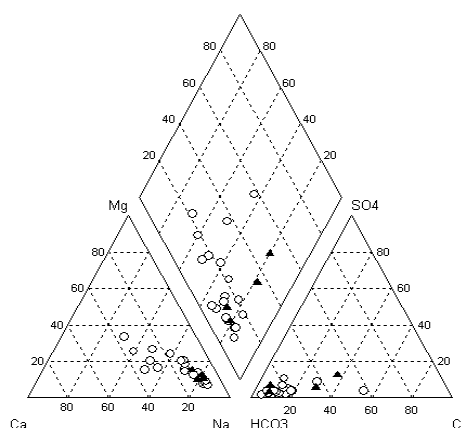


Figura 2. Características químicas del agua superficial y subterránea. A° El Pescado

En la cuenca del Arroyo del Gato el agua subterránea presenta también características bicarbonatadas sódicas. La salinidad varía entre 450mg/l y 1600 mg/l. Los cloruros promedian los 50 mg/l y los sulfatos poseen valores inferiores a 46 mg/l, con un promedio de 22 mg/l, para los

sectores de cuenca superior y medio. En la planicie costera estas condiciones se modifican aumentando significativamente la salinidad. El contenido salino puede alcanzar a 10000 mg/l, con cloruros del orden de 2000 mg/l y sulfatos con valores extremos superiores a 3000 mg/l.

En la llanura alta (cuenca media y superior) se han alterado las condiciones naturales del flujo subterráneo y también las características hidroquímicas por el ingreso al ciclo hidrológico de contaminantes. El agua freática, a pesar de su baja salinidad, con frecuencia no es apta para el consumo humano, en especial por los altos contenidos de nitratos, que pueden superar los 100 mg/l.

En la llanura baja la alta salinidad impide su utilización. La alteración hidroquímica es mayor en las zonas urbanas e industriales. La falta de servicios cloacales en algunos sectores y las pérdidas de la red de conducción, constituyen factores de acumulación y/o enriquecimiento de contaminantes. El agua superficial también es bicarbonatada sódica y presenta concentraciones oscilantes a lo largo de su recorrido, sin una tendencia evolutiva normal. La salinidad varía entre valores de 150 mg/l y 800 mg/l., presentando una coloración elevada y altos contenidos de sustancias en suspensión. El grado de contaminación se comprueba por la alta concentración de fósforo, de sustancias orgánicas y algunos pesticidas. (Figura 3)

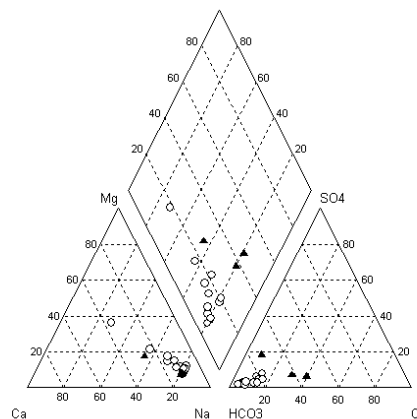


Figura 3. Características químicas del agua superficial y subterránea. A° Del Gato

COMPARACION DE CARACTERISTICAS QUIMICAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS

Con el fin de analizar la evolución hidroquímica superficial y subterránea de las cuencas estudiadas, se realizaron perfiles transversales (subterráneo y superficial) y longitudinales (superficial) de variación de contenidos. Como fuera mencionado, la interpretación que se realiza corresponde a condiciones hidrológicas normales (Noviembre de 2002), es decir que el caudal del arroyo no está afectado por la presencia de crecidas.

Cuenca del arroyo El Pescado

Para el estudio del agua subterránea-superficial se tuvieron en cuenta tres perfiles

transversales ubicados en los sectores superior (A), medio (B) e inferior (C) de la cuenca. Figura 4

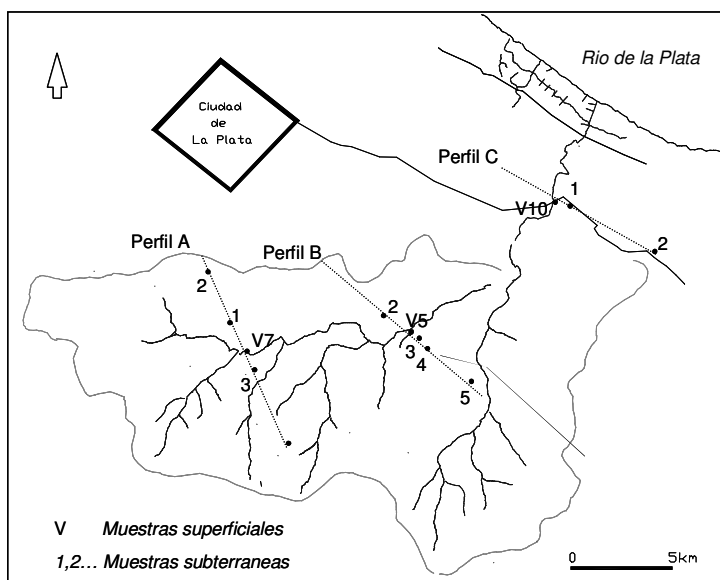


Figura 4. Cuenca A° El Pescado. Ubicación de puntos de muestreo.

En la cuenca superior se observa un aumento de las concentraciones salinas desde divisorias hacia el cauce. La mayor diferenciación está dada por cloruro y sulfato (Perfil A). Figura 5. Ello es coincidente con el sentido de flujo que tiende a descarga en el curso de agua. El agua superficial muestra en este punto valores menores al correspondiente al agua subterránea. Ello es coherente dado que el caudal está compuesto por el aporte subterráneo de ese sector y por lo descargado en cabeceras que es de una salinidad menor en la cuenca media se evidencia una respuesta similar a lo descrito en la cuenca alta en relación al aumento de salinidad desde divisoria al cauce, aunque las concentraciones son algo superiores. Esta tendencia se manifiesta igualmente en ambas márgenes (Perfil B). Figura 6. En las proximidades de la cuenca baja (llanura baja) se mantiene el esquema mencionado dado por la descarga del agua subterránea en el arroyo, pero los contenidos salinos son significativamente mayores. (Perfil C). Figura 7. El desarrollo de estos perfiles confirma el carácter efluente del agua superficial con respecto al agua subterránea en los tres sectores estudiados.

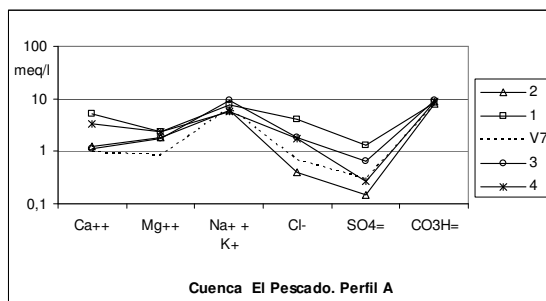


Figura 5

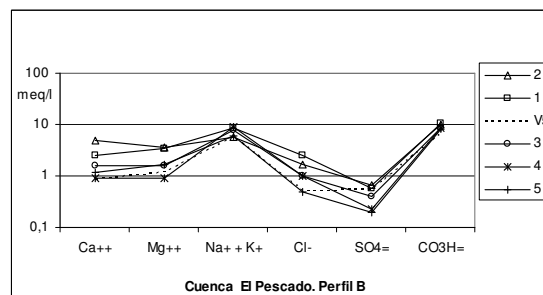


Figura 6

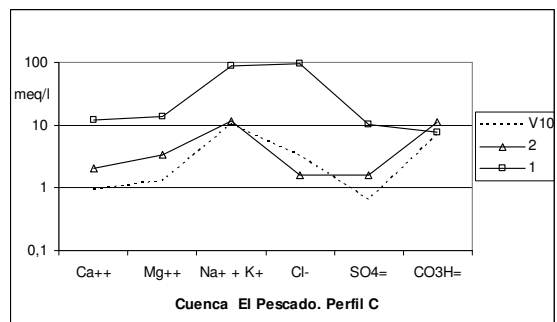


Figura 7

El perfil longitudinal (Figura 8) se refiere a las características del agua superficial y comprende cuatro puntos de muestreo ubicados uno en las nacientes, otro en la cuenca media y dos en el sector de planicie costera.

En el recorrido del agua superficial se observa que existe una evolución entre la composición de las muestras de cabeceras con las de desembocadura. Existe un aumento progresivo de cloruro y en menor proporción de sulfato. También se incrementan los contenidos de sodio y potasio, pero en menor proporción y el bicarbonato prácticamente se mantiene constante. El cloruro pasa de valores de 18 mg/l a 200 mg/l, el sulfato de 14 mg/l a 90 mg/l. El sodio de 128 mg/l a 278mg/l y el bicarbonato varía entre 409 mg/l y 470 mg/l.

La evolución del agua superficial se corresponde con el comportamiento natural de un arroyo efluente a lo largo de todo su recorrido.

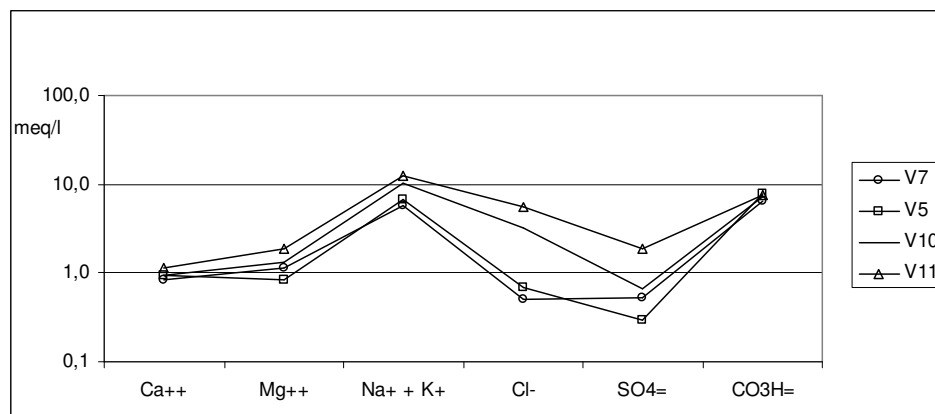


Figura 8. Perfil hidroquímico longitudinal. A° El Pescado.

Cuenca Arroyo del Gato

En este caso se analizan tres perfiles transversales ubicados en la llanura alta y media. Figura 9.

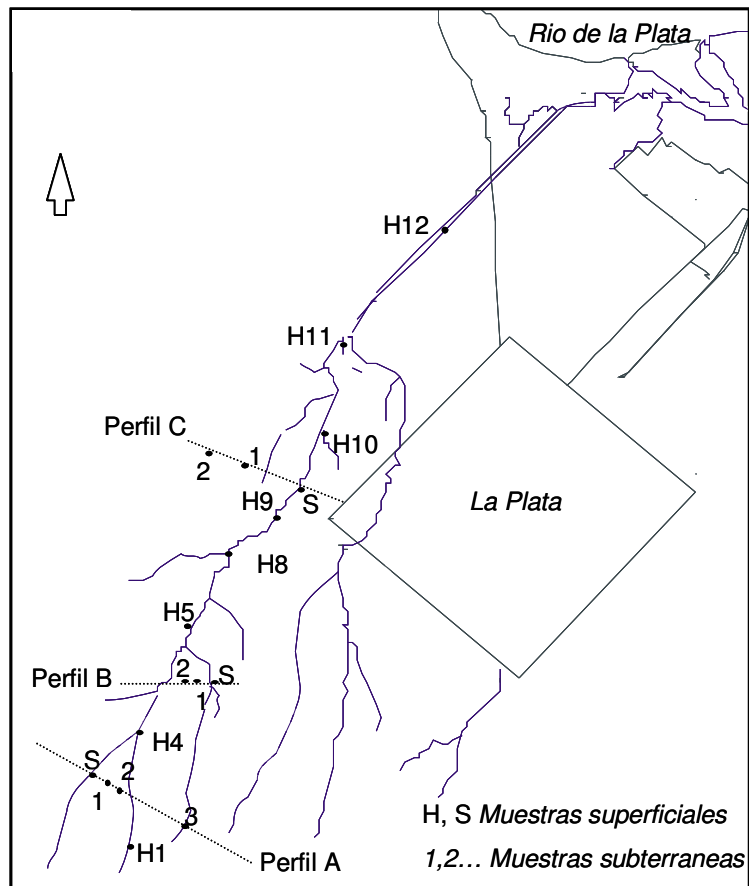


Figura 9. Cuenca A° del Gato. Ubicación de puntos de muestreo.

A través de los mismos se puede apreciar que en la zona de cabeceras el agua subterránea muestra una disminución en la concentración de cloruros y sulfatos hacia el cauce. La menor concentración de cloruro se presenta en la muestra de agua superficial. Los valores de bicarbonato para el agua subterránea se mantienen prácticamente constantes y son levemente superiores a los registrados en el agua superficial (perfil A). Figura 10.

Para el sector correspondiente a la cuenca media se observa que en el agua subterránea hay un aumento en las concentraciones de cloruros hacia el cauce, con los mayores valores en la muestra de agua superficial. Los bicarbonatos presentan una concentración muy similar tanto en el agua superficial como subterránea. (perfiles B y C). Figuras 11 y 12. Los sulfatos también tienen las mayores concentraciones en las muestras de agua superficial sin embargo en el agua subterránea presentan un comportamiento más variable.

En estos casos no existe descarga de agua subterránea en el arroyo sino que el flujo es en sentido contrario. El mantenimiento de un caudal en el curso es producto del vertido de efluentes (pluviales, industriales, etc) y las características irregulares observadas en estos perfiles, probablemente estén vinculadas con la composición de dichos vertidos.

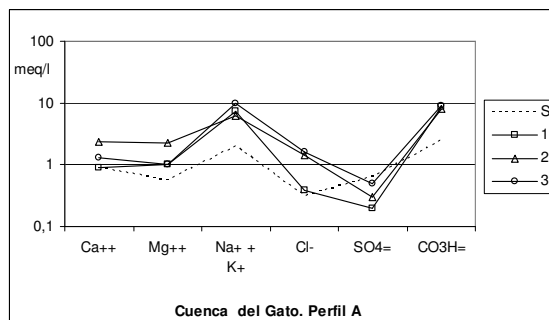


Figura 10

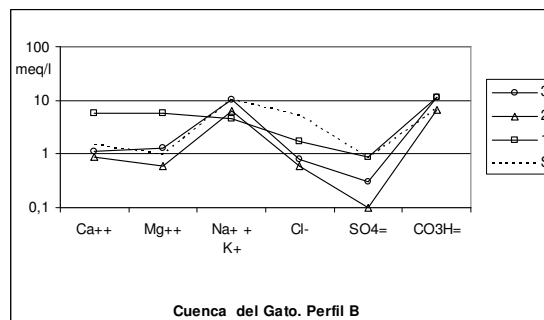


Figura 11

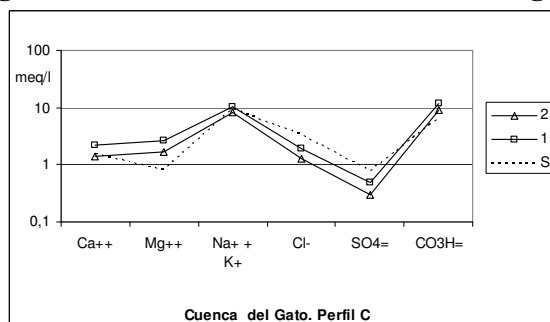


Figura 12

El perfil longitudinal comprende ocho muestras de agua superficial ubicadas en las cuencas superior, media e inferior (canalización) Figura 13.

En este caso no se observa una evolución normal en el contenido salino sino que el agua presenta concentraciones oscilantes irregulares a lo largo del perfil. La salinidad varía entre 150 mg/l y 900mg/l, los cloruros promedian los 85 mg/l con valores entre 57mg/l y 106 mg/l y los sulfatos 40 mg/l variando entre 28 mg/l y 67 mg/l. Las concentraciones de bicarbonatos varían entre 450 mg/l y 570 mg/l, las de sodio entre 166 mg/l y 210 mg/l.

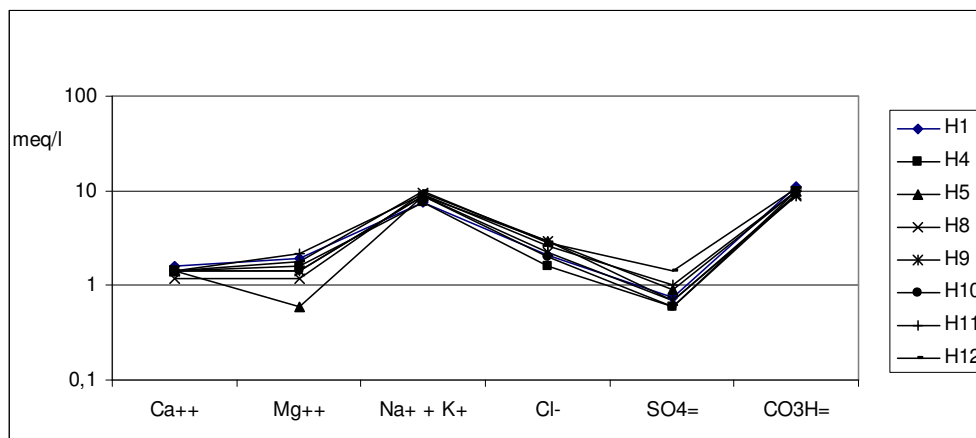


Figura 13. Perfil hidroquímico longitudinal. A° del Gato

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el Arroyo El Pescado, indican una variación hidroquímica en el sentido de drenaje con un incremento regular de la salinidad. Ello verifica el carácter efluente del arroyo con respecto al agua freática. El agua subterránea muestra un aumento gradual de los tenores salinos, especialmente de cloruro en función del recorrido, que se produce en un medio litológicamente homogéneo, carente de evaporitas o sales solubles.

Dadas las características similares que presenta el medio físico este esquema es reproducible en la cuenca del Arroyo del Gato en sus condiciones naturales. Como consecuencia de la urbanización (explotación de aguas subterráneas, desarrollo urbano, vertidos industriales y pluviales) la relación agua superficial – agua subterránea se ha modificado, produciéndose el aporte del agua del arroyo a la capa freática. Los vertidos industriales y pluviales son superiores a este aporte y por esa razón el curso presenta agua en forma permanente. El agua superficial muestra un comportamiento irregular, no siendo posible fijar un patrón en su evolución. El agua freática en las proximidades del arroyo muestra la influencia de las características del agua superficial.

BIBLIOGRAFIA

Auge M. P. 1995 . *Manejo del agua subterránea en La Plata, Argentina*. Convenio IDRC - UBA. Informe Final. La Plata.

Auge M. P. 2001. *Hidrogeología de La Plata - Argentina*. Revista Latino Americana de Hidrogeología. Vol 1 N° 1: 27-40. Curitiba.

EASNE 1972. *Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires*. EASNE-CFI. Serie. Téc.24, Tomo I y II.

Laurencena P. ; Varela,L.;Kruse,E; Rojo A. y M.Deluchi. 2002 “*Características de las variaciones freáticas en un área del Noreste de la Provincia de Buenos Aires*”. XXXII IAH & VI ALSHUD Congreso ‘Aguas Subterráneas y Desarrollo Humano’ Tópico 6 a. CD.

Sala J. M. y Auge M. 1973. *Presencia de capas filtrantes en el noreste de la Provincia de Buenos Aires. Su determinación*. Actas V Congreso Geológico Argentino Tomo V, 185 – 194. Buenos Aires